

21 世紀スポーツ大辞典

スキージャンプ

(全日本スキー連盟ジャンプトレーニングドクター 佐々木 敏)

1) 競技の概要

1-1) 競技の概要とこれに関するジャンプ台の大きさとその呼称

スキージャンプの競技は決められたスタート地点（スタートゲート）から滑走した後、踏切台（take off table）でジャンプし、より遠くに、なおかつ美しい飛形と安定した着地（テレマーク姿勢）を行う。飛躍距離は距離点として計算され、飛型点は飛翔と着地動作について飛型点で与えられる。この両方の合計点の高さを競うスポーツがスキージャンプである。

飛型点は5名の飛型審判員がそれぞれの試技について一人20点を持っている。1つの試技に採点された点数の内最も高い点数と最も低い点数を除いた3名の合計点が飛型点となるので最高点は60点となる。採点には厳密な採点基準があり、審判は持ち点の20点から減点法により採点する。その中でも特に着地でのテレマーク姿勢の有無や安定性は採点に大きく影響する。一方、飛距離点はK点（コンストラクションポイント）を60点とし、K点を超えると距離に応じて加算され、この手前の着地に対しては60点から距離に応じて減点されて飛距離点となる。成績は二回のジャンプにおける飛距離点と飛型点の合計点数の大きさにより決定される。飛距離点の採点基準はジャンプ台が大きいほど1m当たりの得点は小さくなるように決められている。カンテ（テイクオフテーブルのエッジ）からK点までの距離で決まる1m毎の飛距離点を表1に示した。また、ジャンプ台の大きさで呼称が異なるのでこれを表2に示し、K点とHS（ヒルサイズ）との関係が解るようにした。

毎年行われているワールドカップのツアーではラージヒルでの戦いを主体に競技が実施されている。さらに、フライイングヒルでの戦いを含めた構成となっている。しかし、世界選手権とオリンピックではラージヒルとノーマルヒルで試合が行われている。その中で個人戦はもとより各国4名の団体戦が注目される場所である。団体戦のルールでの採点基準は個人のルールと同じであるが、4つのグループに分けて戦われ4人の合計ポイントで競われる。各グループ内でのジャンプでは、ゲート変更ができないが、グループ間では異なっても問題はない。そのために競技運営上よりエキサイティングな試合を設定できる。競技運営が観戦者の立場を考慮して実施される。最近ではワールドカップにお

いても団体戦が組まれている。

世界選手権やオリンピックでは、滑走順がワールドカップの成績を基準としている。したがって、ワールドカップに出場していることは非常に重要で、大きな大会に参加するための重要な条件にもなっている。国際的な大会はワールドカップへのステップとなるコンチネンタルカップがあり、ここでの獲得ポイントがワールドカップ大会への出場への足がかりとなる。特に各ピリオドでの優勝者にはワールドカップへの出場の権利が与えられるシステムになっている。

表1 ジャンプ台の大きさ (K 点までの距離) と 1m 毎の飛距離点

カンテから K 点までの距離	1 m 当たりの点数
20-24 m	4.8
25-29 m	4.4
30-34 m	4.0
35-39 m	3.6
40-49 m	3.2
50-59 m	2.8
60-69 m	2.4
70-79 m	2.2
80-99 m	2.0
100 m 以上	1.8
170 m 以上	1.2

表2 HS (ヒルサイズ) 毎のジャンプ台の分類と呼称。また、K 点との関係

スモールヒル	(HS : 20-49m	:K : 44m 以下)
ミディアムヒル	(HS : 50-84m	:K : 44m - 74m)
ノーマルヒル	(HS : 85-109m	:K : 75m - 99m)
ラージヒル	(HS : 110m 以上	:K : 100m 以上)
フライイングヒル	(HS : 185m 以上	:K : 170m 以上)

1-2) 実際のジャンプでのポイント

実際のジャンプでのポイントが大倉山の競技で 128m の飛距離を飛んだ A 選手の獲得ポイントを示す。表 1 よりカンテから K 点までの距離は 120m なので

1m 毎の飛距離点は 1.8 点である。A 選手の飛距離点は K 点までの飛距離点 60 点に 8m 分の点数($8 \times 1.8 = 14.4$)が加算されて 74.4 点である。一方、飛型点はジャンプの美しさ・正確さ・着地姿勢の観点から採点される。採点基準と成るそれぞれの観点を表 3 に示した。

表 3 飛型点の観点

飛行動作と姿勢	減点観点と最大減点値
飛行中	膝の伸び(曲がりかた)や状態に対するスキーマの位置などの要素で最大 5 点の減点がある。
着地動作と姿勢	テレマークが入らない場合に最大で 4 点までの減点がある。
着地後の滑走姿勢	転倒線までの間に姿勢が不安定な場合最大で 3 点までの減点がある
転倒	スタートから転倒線までの間での転倒ジャンプでは最大で 10 点までの減点がある。

飛型審判員は (A から E までの) 5 名で第 3 表のような観点を採点し各自の持ち点 20 点からそれぞれの観点での減点の合計を差し引いて飛型点として提示する。

例えば、「A 選手の飛型は空中は美しくスキーマも安定していたが着地でテレマーク姿勢を取れなかったがその後は安定して転倒線を通過した。」これに対する審判員の採点結果は A 審判 (18.0) B 審判 (18.5) C 審判 (17.5) D 審判 (19.0) E 審判 (18.0) であった。ここで、公平性の確保のために最高得点と最低得点を除いた 3 名の審判の合計点数が飛型点となる。したがって、この場合の最高点は D 審判の 19.0 点で最低点は C 審判の 17.5 であったのでこれを除いた A 審判の 18.0 点・B 審判の 18.5・E 審判の 18.0 点の合計 54.5 点が飛型点となる。この飛型点と先ほどの飛距離点の合計 128.9 点(飛距離点 74.4+飛型点 54.5)が一本目の点数として記録される。ジャンプ競技ではこれを 2 回行いその合計点の高さを競うことになる。

1-3) 現在のジャンプ台設計に関わる国際ルール

V 字ジャンプの定着以降、近年ジャンプ選手のジャンプ技能の向上は非常に

顕著で、多くのジャンプ選手が K 点を超え、非常に僅かな飛距離差の中に多くのジャンプ選手がひしめくエキサイティングな競技会が多くなった。また、飛躍における空気力の影響は非常に大きく、危険の防止のためにジャンプ台の設計変更が考えられるようになった。

FIS(国際スキー連盟)は選手の安全な飛距離をジャンプ台毎に決定し K 点の他にそのジャンプ台の限界飛距離として HS (ヒルサイズ) を新たに設定した。競技会運営においては HS を大きく超えないように実施してきた。したがって、安全性を考慮し、しかも競技の質の高さを保証し、観客を満足させることを重要視したジャンプ台設計が行われ、多くのジャンプ台がこのルールに則り改修を進めてきた。これまでのジャンプ台の設計では P 点から K 点までは斜度に変化はなく、K 点以降は R 3 と呼ばれる曲率に沿って斜度が変化し転倒線 (設計上の斜度 0 度の線) まで続くように設計されている。この線を安定した姿勢で通過したジャンプを不倒ジャンプと言い、その競技で最も遠くに飛んだ不倒ジャンプの距離を最大不倒距離と言う。反対にこの線の手前で転倒したジャンプを転倒ジャンプと言い、飛型審判員の採点で最大で 10 点まで減点される可能性がある。

ジャンプ台に対する HS の計算は K 点を基準とし、これから 1.5 を差し引きその値を 0.885 で割り算した値となる。この計算によると日本の大倉山ではカンテ角度が-11 度に設定されているので、HS は 134m で斜度は 34.35 度である。また、白馬のラージヒルのカンテ角度は-10.5 度の設定なので、HS は 131m で斜度は 34.84 度である。また、ジャンプ台の形状によっては HS での斜度が 30 度近くになる場合もある。

最近の新しいジャンプ台の設計では、最後の転倒線までの曲率を 2 つないしは 3 つの半径を組み合わせて徐々に曲率を強めるクロソイド曲線を用いたジャンプ台がある。この様なジャンプ台では P 点から K 点までを大きな半径で、K 点から転倒線までを小さな半径を用いて設計される。この場合でも HS の求め方は先に示したとおりである。このときの HS の斜度に関してはカンテから K 点までの距離 (w)、K 点の斜度 (β)、 h/n (h :カンテから K 点までの垂直距離、 n :カンテから K 点までの水平距離)、 h/n より求められる理論的な飛び出し初速 (V_0) を元にした計算で求められる。このように選手の安全を担保するための複雑な計算によりジャンプ台のヒルサイズが決定されている。そのために国際競技会では K 点を超えても HS を超えないような競技運営がなされている。

2) 技術・戦術・ルールの変遷

ジャンプ台の設計上のルールは大きく変更された。それはスウェーデンのヴォクレブ選手が始めた V 字ジャンプの出現が大きな要因である。特に 1992 年以降 V 字ジャンプでの減点が大幅に緩和された。また 1994 年の減点の撤廃により殆ど全ての選手が V 字ジャンプへと移行した。そのことはそれまでスキーに隠れていた身体が直接空気に接するので、空気に触れる面積(抵抗面積や揚力面積)が増加し、飛行中の選手はスキーでも身体でも空気の力を利用できる。この技術の台頭はジャンプ台の設計にも大きく影響を与えたのである。選手のスキルの向上は用具に対するルール変更にも大きく影響したのである。したがって、飛びすぎを抑制するために、ビンディングの取り付け位置を含むスキー長への規制やジャンプスーツの裁断に対するルール変更など直接ジャンプ技術に影響する規制がなされた。用具用品(イクイップメント)のルール変更はジャンプ技術に直接影響するので、これへの更なる科学的な対応が重要となる。

2-1) スキーの長さの規制

1993 年までスキーの長さの規定は身長プラス 85cm であったが、1994 年には身長プラス 80cm へと変更された。また同時に金具の取り付け位置はつま先位置がスキートップから 60%から 57%以下へと変更された。ジャンプスーツの変更と共にこのスキー長の変更とバックケン位置の変更ではスキーの前で受ける空気の力はジャンパーの前傾姿勢の取り方に影響する。このために、ジャンプ技術(特に空中姿勢)の内、空中での身体の前傾で発生する回転力とスキーに作用する空気力とのバランス保持に相当な影響を与えた。

これらのスキー長への規制は選手の滞空時間が増加し遠くへ飛ぶ選手の増加が最も大きな原因である。白馬での五輪以後、1998 年夏にはスキー長の上限は身長×1.46 (cm で四捨五入、最長は 270cm) に変更された。また 2000 年にはスキーの板に対する形状への規定変更があった。この変更は実質的には身長が 173cm 以上の選手には長いスキー身長がそれ以下の選手にはさらに短くなるような変更であった。身長の高い選手は身体とスキーで作られる面積が高い身長選手よりもそれほど大きくは違わないのに体重は軽いので相対的に有利な条件を持っているとの判断であった。この変更は小さい選手に不利益をもたらすことも予測されたが、実際には 172 から 173cm 前後の選手の活躍はこのルール変更による競技の公平性を実証する形となった。シモンアマン選手(スイス)やア

ダムマリッシュ選手(ポーランド)などの比較的身長の高い選手の活躍は記憶に新しい。空中においては空気の力が約 200N から 400N であるので、大きな体重は空気を利用するためには有利な条件ではない。2011 年からはビンディング位置が 57%のルールは据え置かれた。「56%に変更された。そのために身体の回転モーメントの発生を相殺するスキーのモーメントが小さくなる。従って、空中で前傾を深く取ることが難しくなる。モーメントの作用に対しても空気の力に対しても体重の軽さは有利に作用する。そこで、この点における公平性の維持のために BMI が導入された。」しかし、BMI は 21.0 に引き上げられた。対してスキー長は 146%で、BMI が以下 0.5 点下がる毎にスキー長の比率が減少し、20.5 では 144%、20.0 では 142%、19.5 では 140%と、ヘルメットとゴーグルを外しウェアとスキー靴を着用した状態での BMI の値 0.5 点につきスキー長が 2%ずつ減少する規定となった。

ジャンプの選手は痩せ型の選手が多いとは言え、通常のトレーニングを行うことで筋量の増加や骨量などの増加が見込める。BMI が 21.0 程度の水準はスポーツ選手として鍛えられた身体であれば当然と考えられることから、公平性を期す上で極めて妥当性が高いと考えられる。

今回の BMI の値「ルール」変更はビンディング位置の 1%前進ではその操作性に影響が生じる。具体的に、身長 185cm で 270cm のスキーを使用できた選手は 268cm のスキー長となり、ビンディングの位置は約 2.7cm 前に移動する。したがって、スキーの前の部分はこれまでのスキーより 4.5cm 以上短くなる。したがって、空中でこれまでよりスキーのテール部分が下がり易くなる。そのことは空中でのスキー操作が難しくなることを意味している。つまりジャンプ技術に対して選手に大きな変革を要求しているのである。選手の対策の 1 つとして筋力の向上と技術の安定化、これまで以上に足底部全体でスキーを踏みつける操作方法が要求されるのである。このことを実現しているジャンプの事例を図 1 に示した。この例では空中にでた際にスキーが殆ど揺れることなく推移していることが解る。

2-2) スキージャンプスーツ

1994 年に生地が厚さが 12mm から 8mm へと変更された。1998 年夏にはさらに 5mm の厚さへと変更がなされた。2000 年夏のスーツサイズの変更では身長 +10%以内に収まらなければならないとされた。これらの規制は身体が直接

空気を受けスーツによる落下傘効果を抑制するためのものである。2005年には厚さは4mm以内で通気量は1平方センチ当たり40ml/s以上であることとされ、さらに、身体に対するスーツのカッティングと使用される糸が統一されたことで、競技の公平性はさらに高くなった。

3) 現代の技術・戦術・ルールの変遷

最近のワールドカップではジャンプ台での風の要素 (Wind Factor)を取り入れた方法が適用されつつある。これは風の力が成績(飛躍距離)非常に強く影響することを睨んでのものである。特にジャンプ台は屋外に設置され風の強弱が競技成績に大きく影響することは空気力の影響を考えれば理解できるところである。特に飛び出し初速に対して向かい風と追い風では空気との相対速度は全く異なる。1m/sは時速にして3.6km/hで向かい風と追い風では7.2km/hの違いとなる。これは大倉山のゲームで考えるとやく88km/hの飛び出し初速で試合が行われたいとすると、向かい風1m/sで飛び出した選手は相対的な風の影響は91.6km/h相当の空気力を受け、追い風1m/sで飛び出した選手は相対的な風の影響は85.4km/h相当の空気力になります。空気力が速度の二乗に比例することを考えるとその影響力は自乗倍で変化することになり、たった1m/s程度の風速の違いが公平性を逸脱するに十分な大きさであることが分かる。そこで、風の要素 (Wind Factor)を競技成績に取り入れる努力が始められている。この要素の導入には今後さらに適正な運用踏脚負が求められる。

現代のジャンプでは選手の適応能力の高さによりジャンプ台の極限を超えるようなジャンプが多くみられるようになった。しかし現実にはジャンプ台プロフィールは急激には変えられない。そのために用具への規制で対応する方法がとられている。飛距離を抑制するようなマテリアルの規制は至極当然で妥当性の高い方法である。この規制は選手に新たな技術の発達を促し、大いなる工夫の余地を提供している。選手はこれがチャンスと考え新たなチャレンジを続けて欲しいものである。

技術的な課題は今後も多く存在するであろうが、日本チームが継続しているチェック方法は選手の理解も得やすく、簡単な力の測定で実現できる方法なので実践して欲しいものである。この科学的な技術のチェック法を図2に紹介する。ジャンプパフォーマンスへ強く影響することが予測される今回の規制、特にスキー長に対する規制とビンディング位置に対する規制の2点はジャンプ選手に与えられた克服の機会であり挑戦である。この機会に是非とも科学的な方法を

我がものとする機会と捉えて活用して欲しいものである。この測定では足底全体への踏み込みの重要さは足底の前後の加重バランスで観察できる（赤い線は踵側への踏み込みを、緑色の線はつま先側への踏み込みを示している）。動きだしでの加重のバランスは、踵側を強く押しているので正の値が示されている。踏み込み時にはつま先側には負荷が殆ど無いので、緑の線が負の値を示している。この2つのラインが交叉する点が離地に近いほど足底部全体を押し込んでいる時間が長い。踏み込みが強く長いことはジャンプ技術の習得の重要な要素なので、選手の技量の状態を視覚的に理解できる。踏力の大きさは黒い線により3方向の分力で示される。図の下側中央のベクトル表現の根拠となっている。垂直方向の力は地面に与えた力の反力を表している。図の下側左側に示される黒い実践の波形で囲まれた面積の大きさが出力した運動量を示す。また、そのしたの図の赤と青の実線は実際の積分計算から2方向の速度の変化を示す。また、二回積分により重心の変位を図の下側右2表現してあるので、重心の到達点が観察できる。踏み込みの時間的な長さは安定したジャンプ技術の習得の鍵となる。同時に、スキーのトップの上がりやテールの下がり具合を調整するためにスキーの中心を押し続けることは重要で、円滑でブレの少ないスキー操作を実現する重要な技術である。

スキージャンプでは何よりもジャンプ台で飛ぶことが重要なトレーニングであるが、このようなルール規制が行われたときには大学の研究室を積極的に利用することも新たな技術を習得する機会と考えて欲しいものである。



図1 優秀な選手は空中に出たときにスキーが安定している。(撮影者 角田和彦)

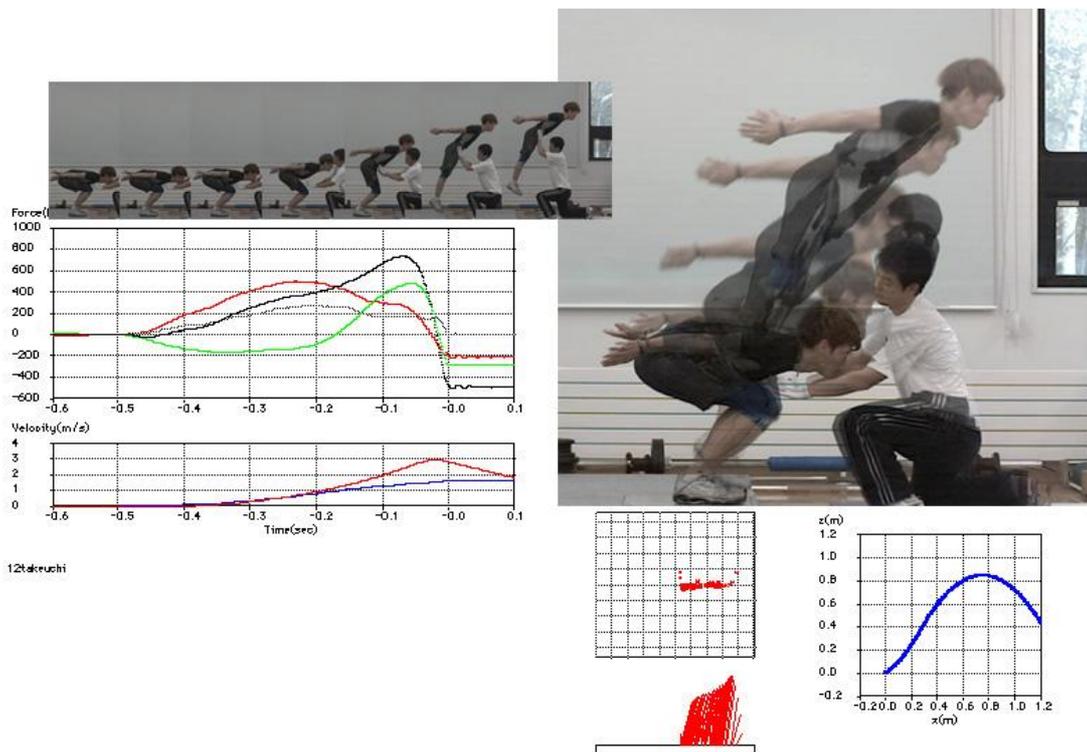


図2 ジャンプの踏切動作で発揮される力と分析結果の表現